

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko – geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ KOMPOSTOVÁNÍM

Waste Processing by Composting

bakalářská práce

Autor:

Rudolf Drobec

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Barbora Lyčková, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Rudolf Drobec**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 3904R022 Zpracování a zneškodňování odpadů
Téma: Zpracování odpadů kompostováním
Waste Processing by Composting

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Biologické metody zpracování odpadů
3. Technologie kompostování
4. Technické zařízení pro kompostování
5. Související legislativa
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

Flowerdew B.: Kompost, Metafora Praha 2011, ISBN 80-247-0907-4
Diaz L.F. et al.: Compost science and technology, Elsevier, Amsterdam 2007, ISBN 978-0-08-043960-0
Odborné publikace dostupné na WWW: <<http://biom.cz>>

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Barbora Lyčková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013

Datum odevzdání: 30.04.2014



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu

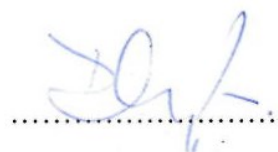


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracoval(a) samostatně a uvedl(a) jsem všechny použité podklady a literaturu. Ve své programové aplikaci jsem použil modul pro transformaci vektorových dat mezi prostorovými referenčními systémy, vytvořený ing. Markétou Hanzlovou.
- Byl(a) jsem byl seznámen(a) s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 22.4.2014



Rudolf Drobec

Poděkování:

Rád bych poděkoval paní Ing. Barboře Lyčkové, Ph.D. za spolupráci a pomoc, kterou mi poskytla při zpracování mé bakalářské práce

Anotace

Bakalářská práce se zabývá možnostmi zpracování odpadů kompostováním. V první kapitole jsou stručně popsány metody biologického zpracování odpadů jako např. biologické sušení, lihové kvašení a jiné. V následujících částí práce je vysvětlen kompostovací proces, charakterizovány odpady vhodné pro kompostování a popsána technologie kompostování. Další část líčí technická zařízení pro kompostování. Závěrečná část práce je věnována legislativě související s bioodpady a závěrečné celkové shrnutí práce.

Klíčová slova

Bioodpad, kompost, kompostování, odpad, proces, technologie, zařízení

Summary

This Bachelor's Thesis apply one's mind to possibilities of waste treatment with composting. Methods of biological waste treatment as i. e. biological drying, spirit fermentation and others are briefly described in Chapter 1. In following chapters of the thesis compost process is described, waste suitable for compost is characterized and compost technologies are explained. This is then followed by description of technical devices for composting. Closing part of the Thesis is dedicated to legislation related to biological waste treatment and Thesis is summarized.

Keywords

Biowaste, compost, composting, waste, process, technology, equipment

Seznam zkratek

BRO – biologicky rozložitelný odpad

BRKO – biologicky rozložitelný komunální odpad

ČSN – Česká státní norma

ČR – Česká republika

EU – Evropská unie

TKO – technický komunální odpad

Obsah

1	ÚVOD.....	1
1.1	Cíl práce	1
2	BIOLOGICKÉ METODY ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ	2
2.1	Základní pojmy	2
2.2	Bioodpady	3
2.3	Kompostování	5
2.3.1	Základy procesu kompostování	5
2.3.2	Proces kompostování	6
2.3.3	Průběh kompostování	6
2.3.4	Materiály vhodné pro kompostování	6
2.3.5	Fáze procesu kompostování.....	7
2.3.6	Skladba surovin	8
2.4	Jiné metody biologického zpracování odpadů	9
2.4.1	Vermikompostování	9
2.4.2	Aerobní termofilní zpracování.....	10
2.4.3	Biologické sušení.....	10
2.4.4	Anaerobní fermentace.....	11
2.4.5	Lihové kvašení.....	13
2.4.6	Mechanicko – biologická úprava odpadů	14
3	TECHNOLOGIE KOMPOSTOVÁNÍ.....	16
3.1	Kompostování na volné ploše	17
3.2	Kompostování v uzavřeném nebo polouzavřeném zařízení.....	20
3.2.1	Kompostovací žlaby	21
3.2.2	Kompostovací boxy	21

3.2.3	Rotační biostabilizátory	22
3.2.4	Uzavřené kompostovací boxy	22
3.2.5	Věžové bioreaktory	22
3.2.6	Tunelové bioreaktory	22
3.3	Kompostování ve vacích	23
3.4	Organizace kompostování	25
3.4.1	Domácí kompostování	25
3.4.2	Komunitní kompostování	26
3.4.3	Průmyslové kompostování	27
4	TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO KOMPOSTOVÁNÍ	28
4.1	Technické prostředky kompostovací linky	28
4.2	Kompostovací linky a další varianty	28
4.3	Energetické prostředky	29
4.4	Drtiče, štěpkovače	30
4.4.1	Drtiče	31
4.4.2	Štěpkovače	32
4.5	Překopávače kompostu	33
4.6	Prosévací zařízení a separátory	36
4.7	Ostatní zařízení	38
5	LEGISLATIVA	40
5.1	Biologicky rozložitelné odpady	40
5.2	Biologicky rozložitelné komunální odpady	40
5.3	Přehled legislativy bioodpadů	41
5.4	Podmínky pro předcházení vzniku bioodpadů	41
6	ZÁVĚR	43

Seznam literatury.....	45
Seznam obrázků	49
Seznam tabulek.....	50
Seznam příloh.....	51
Přílohy	

1 ÚVOD

Biologicky rozložitelný odpad donedávna nikdo nepovažoval za odpad, ale za cenný materiál, zdroj výživy pro půdu, záruku pro příští hojnou úrodu.

V dnešní době bioodpad v hojné míře končí ve směsném odpadu v kontejnerech, odvážíme jej na skládky či do spaloven a nevratně tak ztrácíme užitečnou surovinu, která by zúrodnila zemědělskou půdu. Přitom velká část zemědělské půdy trpí nedostatkem organické hmoty, humusu. Taková půda špatně váže vodu a důsledkem toho jsou zemědělské plochy vystaveny vodní i větrné erozi. Dochází k vyplavování svrchní půdy a živin z polí, zásadním způsobem se snižuje kvalita životního prostředí, roste riziko hospodářských škod.

Jednou z možností jak snížit vyprodukovaný bioodpad a zároveň ušetřit životní prostředí je kompostování. Je to řízený proces, jehož cílem je přeměna organických odpadů na hnojivo – kompost. Kompostováním získáváme cennou organickou hmotu, která obohacuje půdu o potřebné minerály, stopové prvky, zlepšuje strukturu půdy.

Nejen kompostování, ale další biotechnologie nám umožňují tento odpad nadále zpracovávat a využívat jej pro naši potřebu. Proto je potřeba třídit bioodpad. A nejen z důvodu ochrany životního prostředí a tím zkvalitňovat tak náš život, ale i z hlediska ekonomického. Bioodpady lze využít jak materiálově tak i energeticky, pro získání druhotných surovin a výrobu alternativních paliv.

1.1 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je stručně charakterizovat biologické metody zpracování odpadů, vysvětlit co nejjednodušeji proces kompostování, popsat technologie kompostování a technická zařízení pro kompostování a v neposlední řadě i související legislativu.

2 BIOLOGICKÉ METODY ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

Biologicky rozložitelné odpady jsou v komunálním odpadu kvantitativně významnou skupinou odpadů [1]. Každý rok je ukládáno přibližně 4 miliony tun směsných komunálních odpadů, z toho přibližně 40% tvoří biologicky rozložitelné komunální odpady. Většina těchto odpadů je přeurčena k materiálovému či látkovému využití. [2]

Třídění bioodpadů je proto důležitým a nutným předpokladem pro opakované zpracování surovin, pro výrobu bioplynu, elektrické energie a zejména kompostu, jenž může obohatit zemědělskou půdu o tolik potřebný humus [2].

Tabulka č. 1: Produkce tuhých komunálních odpadů v ČR [2]

4 mil. t /rok	
42 %	biologicky rozložitelné odpady
28 %	papír
26%	sklo, kovy, plasty
4%	textil
1%	nebezpečné odpady

2.1 Základní pojmy

Aerace – provzdušňování, zajištění dostatečného přístupu kyslíku

Aerobní proces – mikrobiální proces probíhající za přístupu kyslíku

Anaerobní proces – mikrobiální přeměna organických látek bez přístupu vzduchu

Biologicky rozložitelný komunální odpad (BRKO) – odpad obsažený v komunálním odpadu

Bioodpad – jakýkoli odpad, který je schopen anaerobnímu či aerobnímu rozkladu

Bioplyn – směs metanu, oxidu uhličitého, dusíku, vodíku a dalších plynů. Vzniká anaerobním vyhnilváním odpadů a je schopna hořet.

Digestát – produkt vyhnilvání. Tuhá, nerozložená frakce je výsledkem anaerobního vyhnilvání

Domácí kompostování – kompostování biologicky rozložitelných odpadů

Domovní odpad – odpad vznikající v domácnostech, jde především o běžný odpad z denní spotřeby domácností

Fermentace – proces, při kterém se látky postupně přeměňují za účasti mikrobiálních enzymů

Fermentory – velké tankové nádoby ke kultivaci mikroorganismů

Humus – je soubor odumřelých organických látek rostlinného či živočišného původu, získaných jejich řízeným biologickým rozkladem, látky se nacházejí v různém stupni rozkladu a jedná se o nejúrodnější část půdy

Kompost – vzniká aerobním biologickým zráním rozložitelných odpadů. Je bohatý na humus a rostlinné živiny

Kompostování – aerobní biologicky rozkladný proces, účelem je převést na humus, jenž je prospěšný rostlinám

Komunitní kompostování – kompostování BRO určité komunity (zahrádkáři, školy).

Komunální odpad – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob, s výjimkou odpadů vznikajících u osob právnických

Odpad – každá movitá věc, které se osoba zbavuje či má v úmyslu nebo povinnost se jí zbavit

Odpad ze zeleně – komunální odpad rostlinného původu z údržby parků, sadů, travnatých hřišť, zahrad, hřbitovů aj. Jedná se o trávu, listí, piliny, větve stromů či odřezky

Průmyslové kompostování – průmyslové nebo zemědělské kompostování

2.2 Bioodpady

Bioodpady jsou obecně definovány jako jakýkoliv odpady, které jsou schopny anaerobního nebo aerobního rozkladu mikroorganismy. Jedná se tak např. o papír, potraviny, odřezky, odpad ze zeleně, hnůj či trus zvířat aj. [3]

Převážná část bioodpadů vzniká v zemědělství a lesnictví, v domácnostech, v dřevařském a potravinářském průmyslu, v kožedělném a textilním průmyslu, čistírenské a vodárenské kaly a jiné [4].

Většina těchto odpadů končí na skládkách. Směrnicí rady EU 1999/31/EC o skládkách odpadů je členským státům ukládáno vypracování národních strategií k omezení množství biologicky rozložitelného odpadu odcházejícího na skládky. Opatření v České republice by měly zabezpečit snížení množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu na skládkách v roce 2010 na 75% množství ukládaného v r. 1995, v roce 2013 by toto snížení mělo být na 50% a v roce 2020 na 35% množství ukládaného v roce 1995. [1]

Pro biologicky rozložitelné odpady existují dva možné způsoby využití. Materiálové využití odpadů jako náhrada prvotních surovin, které můžeme považovat za suroviny druhotné nebo využití látkových vlastností odpadů k původnímu účelu nebo k jiným účelům a energetické zhodnocení odpadů. [2]

Předpokládá se, že organické odpady budou i nadále zhodnocovány nebo odstraňovány především kompostováním, anaerobním zpracováním nebo termickým zpracováním odpadů. Spalování odpadů však je finančně nákladné, zejména jsou-li odstraňovány odpady obtížně rozložitelné nebo které jsou kontaminovány. [2]

Spalování je rovněž i velmi nepopulární z hlediska ekologické zátěže přírody a životního prostředí. Oproti tomu je kompostování ekologické, poskytuje nám způsob jak redukovat množství odpadů, udržuje v koloběhu látky pocházející z přírody a navrácí zpět do půdy tolik potřebný humus, omezuje skleníkové plyny pocházející z nekontrolovatelného hnití odpadů na skládkách. A rovněž nelze opomenout nízké ekonomické náklady. [6]



Obrázek 1: Sběrná nádoba na bioodpad

2.3 Kompostování

Nejrozšířenější metodou zpracování organických odpadů je kompostování. Kompostování je řízený aerobní proces, při kterém dochází k přeměně organických odpadů, pomocí mikroorganismů a bezobratlých živočichů, které mají schopnost tyto látky rozkládat, mineralizovat a humifikovat a jehož výsledným produktem je organické hnojivo – kompost. [7], [8]

Kompost, obsahující rostlinné živiny a humusové složky, zdokonaluje obranyschopnost rostlin, je přínosný pro jejich dobrý a zdravý růst, zlepšuje vlastnosti půdy, hlavně schopnost zadržet půdu, zvyšuje počet mikroorganismů v půdě a tím aktivuje biologickou činnost, omezuje vodní a větrnou erozi. [7]. Pomocí kompostování se likvidují zárodky škůdců, nemocí, semena plevelů aj. [8].

Kompostování napomáhá k ochraně životního prostředí, poskytuje způsob, jak redukovat objem odpadů, jak omezit tvorbu skleníkových plynů, neboť zabraňuje nežádoucímu hnití na skládkách [9]. Může eliminovat termické zpracování odpadů, které je nejen ekonomicky náročné, ale i z hlediska životního prostředí nežádoucí [6].

2.3.1 Základy procesu kompostování

Kompostování je aerobní biologický rozkladný proces [5]. Účelem je co nejrychleji a nejehospodárněji odbourat organické odpady a převést je na stabilní humusové látky podobné půdnímu humusu, které jsou prospěšné rostlinám [7]. Během procesu se zhodnocuje organický odpad pomocí aerobních mikroorganismů (zejména bakterie a houby) za přístupu kyslíku, který slouží jako živina a zdroj energie [8]. Dochází k hydrolýze bílkovin, sacharidů a tuků [5].

Při odbourávání organických odpadů pomocí mikroorganismů dochází ke zvyšování okolní teploty. Tento v přírodě velmi rozšířený proces se označuje jako samoohřev. Při kompostování odpadů je žádoucí ze dvou důvodů – jednak dochází ke změně skladby mikroorganismů a tím k rychlejšímu odbourávání často značně složitých organických substancí a dále dochází vedle transformace antibiotik pomocí aktinomycet k termické dezinfekci materiálu. [5]

Biologickou oxidací se uvolňuje teplo a zvyšuje se teplota až na hodnoty, při kterých mohou přežívat pouze termofilní organismy. Jestliže se teplota udržuje na požadované hladině dostatečně dlouhou dobu, rozkládají se patogenní mikroorganismy a plevelná semena [5]. Následnou mikrobiální činností se přeměňují organické zbytky na humus, který je užitečný pro zlepšování kvality půd [7].

2.3.2 Proces kompostování

Základem procesu kompostování je biodegradace organické hmoty vlivem působení aerobních mikroorganismů (nejčastěji bakterií a hub) v kombinaci s dalšími chemickými reakcemi [8], [10]. Zastoupení mikroorganismů není stálé, je závislé zejména na složení kompostu a stupni humifikace [10].

2.3.3 Průběh kompostování

Průběh kompostování je stejný u všech variant kompostování, odlišnost je hlavně v rychlosti probíhajících dějů [10], [11]. Pro dosažení úspěšného kompostování je potřeba zajistit směs optimálního složení a vhodné konzistence [10] :

- dostatečný obsah organických látek
- vhodný poměr C: N, optimální poměr 30 až 35 : 1
- optimální teplota 30 – 50 °C
- potřebná vlhkost v průběhu kompostování, ideální mezi 50 – 70 %
- pH v rozmezí 6 – 8
- dostatečné provzdušnění substrátu
- různorodost materiálu (zrnitost a homogenita)
- minimum fosforu

2.3.4 Materiály vhodné pro kompostování

Ke kompostování lze prakticky použít jakýkoliv materiál, který podléhá biologickému rozkladu, tedy co vzniká na zahradách, v domácnosti, v rostlinné a živočišné výrobě, v zemědělství, lesnictví aj. Jen velmi málo organických odpadů nelze

kompostovat. Co se v přírodě časem rozloží, lze kompostovat, ať už se jedná o starý péřový kabát, vlněné děravé svetry, až po zbytky jídel, papír aj. [12]

Vhodné odpady pro kompostování

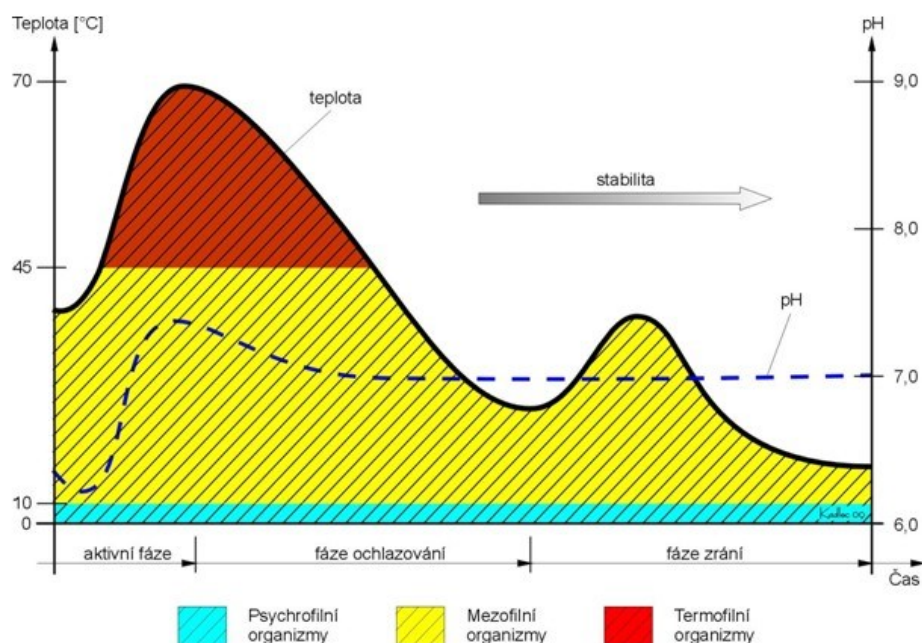
- rostlinné odpady (tráva, listí, větve, sláma, piliny, rostliny)
- organické odpady (květiny, ovoce, zelenina, skořápky, srst, vlna)
- odpady z chovu zvířat (chlévková mrva, kejda, exkrementy)
- kaly z čistíren odpadních vod

Nevhodné odpady ke kompostování

- textilie, sklo, umělé hmoty (vyjma kompostovatelných plastů)
- popel, dřevo ošetřené lakem
- chemikálie, léčiva
- zbytky masa, kosti, mléčné výrobky, oleje

2.3.5 Fáze procesu kompostování

Kompostování je složitým kontinuálním procesem, u kterého nelze přesně vymezit jednotlivé časové úseky a průběh tlení [7], [8]. Kompostování však lze rozdělit do tří základních fází, které jsou od sebe snadno rozeznatelné [13].



Obrázek 2: Průběh teploty při kompostování, www.biom.cz

Fáze rozkladu

Fáze rozkladu trvá přibližně 3 až 4 týdny, rozkládají se lehce rozložitelné látky jako například cukry a bílkoviny [11], [13]. Nastává vysoký růst teploty aktivitou mikroorganismů, které rozkládají celulózu a další součásti dřevní hmoty [10]. Teplota ve fázi rozkladu stoupá na 50 až 70 °C, dochází k hygienizaci kompostu a vlivem vysokých teplot jsou ničeny patogenní organismy [11], [13].

Materiál je rozložen až na malé „stavební kameny“ jako jsou dusičnany, oxid uhličitý či čpavek. Živiny vázané v organické hmotě se uvolňují a z části přecházejí až do původní minerální formy. [11]

Fáze přeměny

Tato fáze trvá od čtvrtého do desátého týdne, při kterém teplota pozvolně klesá [11], [13]. Mineralizované živiny jsou zapracovány do vznikajícího humusu. Kompost získává stejnoměrnou hnědou barvu, dostává drobtovitou strukturu [8], [10]. V tomto stadiu má kompost vysoký hnojařský účinek [10].

Fáze syntézy

Teplota v této fázi klesá až na hodnotu okolní teploty [10], [13]. Kompost získává více zemitou strukturu, z živného humusu se stává humus trvalý [11]. Hnojařský účinek je slabší, zvyšuje se však kvalita a stabilita humusu [10].

Od začátku procesu kompostování, včetně ztrát při zpracování, celkové snížení hmotnosti odpadů může dosáhnout až 60 %. Pokles objemu je však ještě větší a to zejména důsledkem zhutnění materiálu [10].

2.3.6 Skladba surovin

Surovinová skladba a technologie by měla být optimalizována tak, aby výsledný produkt procesu kompostování obsahoval co nejvíce humusových látek s převahou huminových kyselin a svým účinkem zvyšoval úrodnost půdy. Produkt by měl být odolný dalšímu rozkladu a poměr C: N by měl být u vyzrálého kompostu maximálně 30 : 1. [14]

Skladbu kompostu lze optimalizovat [14]:

- výběr odpadů a hmot, určení jejich hmotnosti

- odhad vlhkosti, obsahu organických látek, dusíku a P_2O_5 odpadů
- složení kompostové zakládky (vlhkost, N, P_2O_5 , C : N)
- korekce surovinové skladby
- propočet opravené surovinové skladby
- odhad ztrát během kompostování
- výpočet předpokládaného množství a složení kompostu

2.4 Jiné metody biologického zpracování odpadů

Nadále se budou vyvíjet a používat i další biotechnologické procesy k zpracování organických odpadů, které jsou založeny na aktivitách různých mikroorganismů a bezobratlých živočichů. [2]

Mezi tyto metody patří vermikompostování, aerobní termofilní zpracování, biologické sušení, lihové kvašení nebo mechanicko – biologické úpravy odpadů a anaerobní digestace. Pomocí těchto metod dochází k redukci objemu a hmotnosti organických odpadů, ke snížení skleníkových plynů, k jejich hygienizaci. [2]

2.4.1 Vermikompostování

Vermikompostování, neboli výroba biohumusu, je biotechnologie kompostování pomocí žížal. Takto získaný kompost dosahuje vyššího stupně přeměny organické látky. Nejcennějšími částicemi vermikompostu jsou žížalí výkaly, tato frakce může obsahovat až 35 % humusových látek, s významným zastoupením huminových kyselin, jejichž organická účinnost dosahuje až 70 násobku oproti běžnému kompostu. Biohumus zvyšuje nutriční hodnotu produktů, omezuje vstup cizorodých látek, zabezpečuje dobrý zdravotní stav rostlin. [7]

Pro vermikompostování je nutné optimalizovat teplotu prostředí mezi 19 až 22 °C, při nižších teplotách nebo vyšších jsou žížaly neúčinné, při teplotách pod 0 °C nebo naopak nad 40 °C hynou [2], [7].

Žížaly potřebují neutrální pH, zabíjí je již nízké koncentrace pesticidů, nesnášejí sluneční svit a vítr. Krmivo nesmí obsahovat čpavek ani bílkoviny. V našich podmínkách se nejvíce osvědčil a rozšířil druh kalifornský červený hybrid. [7]

Tabulka č. 2: Nároky žížal na podmínky prostředí [2]

Faktor prostředí	Optimum	Limitní hodnoty	
Teplota (°C)	19-22	minimum	maximum
Vlhkost (%)	78-82	>7	>33
pH	6,5-7,5	>60	>90
C:N	20:1	>6	>8

2.4.2 Aerobní termofilní zpracování

Organické odpady ze zemědělství a nekontaminované kaly z čistíren odpadních vod mohou být materiálově využity k výrobě organického hnojiva. Odpad je krátkodobě (4-7 dní) zahříván na teplotu 50°C a současně provzdušňován v mobilních kontejnerech nebo sterilních betonových fermentorech. [2]

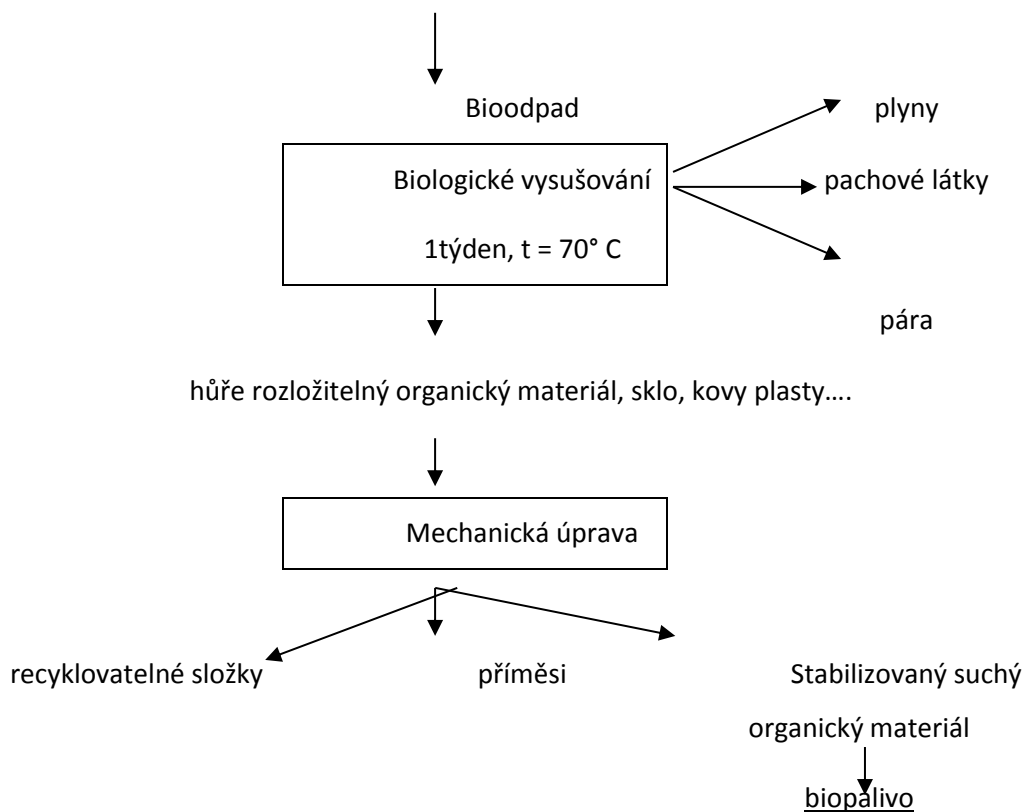
Tato technologie slouží především k odstranění patogenních mikroorganismů, produkt je však nestabilizovaný, tj. zůstává v něm ještě část snadno rozložitelných organických látek. [2]

2.4.3 Biologické sušení

Jednou z alternativ mechanicko – biologické úpravy komunálních odpadů je biologické sušení. Komunální odpady, s převažujícími bioodpady či kaly, jsou umístěny v kontejnerech s řízenou aerací, ve kterých je materiál neustále promícháván. Tento materiál se nevlhčí, bioodpad je mikroorganismy při teplotě 70 °C během 1 týdne rozložen a proud vzduchu bioodpad postupně vysouší. Vznikne suchý substrát, který je stabilizovaný a neuvolňuje již žádné zapáchající látky. Obsah organických látek je však velmi snížen a díky tomu si zachovává výhřevnost. Suchý substrát se frakcionuje: oddělují se kovy, sklo, anorganické odpady. Organická frakce se pak upravuje na biopalivo (brikety) nebo se využívá jako sypké palivo. [2]

Tabulka č. 3 Princip biologického sušení [2]

PRINCIPY BIOLOGICKÉHO SUŠENÍ



2.4.4 Anaerobní fermentace

Anaerobní digesce je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající za nepřístupu vzduchu [15]. Tento proces probíhá neustále a samovolně, bez přičinění lidského faktoru, přirozeně v přírodě (močály), v zemědělství, zejména v živočišné výrobě nebo na skládkách komunálního odpadu [16]. Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu [15]. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu [17]. Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn [16]. Bioplyn je bezbarvý plyn skládající se hlavně z methanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%) [15],[17],[18].

Vedlejším produktem anaerobní fermentace je digestát. Digestát je tuhý zbytek, jenž se používá jako hnojivo anebo jako složka ke kompostování. [17]

Proces lze rozdělit do 4 hlavních fází [16]:

Hydrolyza - organické látky se mění na nižší organické sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy.

Acidogeneze – při procesu dochází ke změně na mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík a oxid uhličitý.

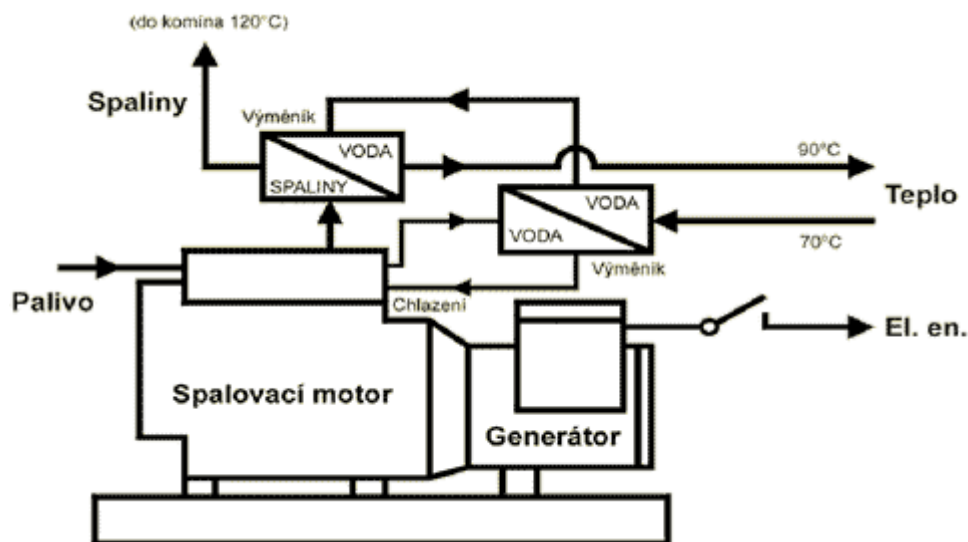
Acetogeneze - dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů, vytváří se oxid uhličitý, vodík a kyselina octová.

Metanogeneze - proces anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové vzniká metan, tento krok provádějí metanogenní bakterie. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy.

Anaerobní procesy dělíme podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C) [15].

Anaerobní fermentace probíhá ve velkých vyhřívaných a míchaných nádržích – fermentorech (bioreaktorech) v bioplynových stanicích [15], [17]. Pracovní sušina suspenze se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 – 12% [15]. Ve fermentorech dochází k odbourání cca 50 – 70% organické sušiny materiálu [17]. Velikost nádrží je dána množstvím a kvalitou materiálu, množstvím aktivní biomasy v reaktoru a požadovanou dobou zdržení [15], [18]. Tyto parametry významně ovlivňují produkci bioplynu i kvalitu výstupního materiálu [15], [17]. Zdrojem biomasy se používá materiál s vysokým podílem vody jako je kejda (směs výkalů hospodářských zvířat), močůvka (tekuté výkaly s obsahem draslíku a dusíku), hnůj, kaly z čistíren odpadních vod, zbytky rostlinné výroby, bioodpad, odpad ze stravovacích zařízení (oleje) [17], [18].

Bioplyn je využíván v kogeneračních jednotkách k výrobě elektřiny nebo tepla. Další možností je bioplyn vyčistit, stlačit a použít jako pohon vozidel. Po odstranění oxidu uhličitého je možno bioplyn rozvádět společně se zemním plynem. Výhřevnost bioplynu je mezi 18-26 MJ/m³. [17]



Obrázek 3: Princip kogenerační jednotky se spalovacím motorem [15]

2.4.5 Lihové kvašení

Jednou z dalších biotechnologií je lihové kvašení. Tento děj se odehrává za mikrobiálních pochodů, anaerobní přeměnou se rozkládají cukry a vzniká oxid uhličitý a etanol [19]. Výsledným produktem je bioetanol [2]. Tato metoda se hojně využívá zejména v pivovarnictví, vinařství či v potravinářském průmyslu aj. [19].

Významným zdrojem je rostlinná biomasa ze zemědělství a lesnictví. Sacharidy také můžeme získat pěstováním rostlin, jako jsou brambory, pšenice, cukrová řepa, kukuřice apod. [2], [19].

Bioetanol využíváme zejména jako palivo do spalovacích motorů, jeho výhodou je ekologická čistota.

Výroba bioetanolu probíhá ve třech fázích [2]:

- 1) uvolněním sacharidů z rostlin
- 2) fermentací sacharidů mikroorganismy na etanol
- 3) přípravou bezvodého etanolu

V první fázi probíhá degradace polysacharidů na sacharidy, která je katalyzována specifickými mikrobiálními enzymy, většina z nich se dnes vyrábí průmyslově. K samotné fermentaci sacharidů se využívá různých druhů mikroorganismů. Zejména kvasinky výborně zkvašují na etanol glukózu a sacharózu. [2]

Kvasinky, zajišťující fermentaci musí být tolerantní k vyšší koncentraci etanolu a vyšší teplotě (50° C). Z 1 kg cukrů lze fermentací získat 0,65 litrů bioetanolu. [2]

V současné době se pro výrobu bioetanolu z rostlinných materiálů vybírají mikroorganismy, které produkují enzymy potřebné k degradaci polysacharidů a souběžně zabezpečují fermentaci uvolněných sacharidů na etanol. Mezi mikroorganismy produkující celulózy i etanol patří např. některé druhy plísní. [2]



Obrázek 4: Průmyslový lihovar Trmice, www.plp.cz

2.4.6 Mechanicko – biologická úprava odpadů

Mechanicko – biologická úprava odpadů je zpracování zbytkového komunálního odpadu nebo bioodpadu, který není vhodný pro kompostování či anaerobní zpracování. Účel této metody je stabilizace a redukce objemu odpadu. [20]

Zpracování odpadů mechanicko – biologickou úpravou má dvě části. V první fázi dochází k vytrídění znečišťujících a recyklovatelných částí odpadů. Odpad postupuje pásem do speciálního bubnu, zde se magnetem vytrídí kovy, proudem vzduchu nebo síty se oddělí lehčí materiál, jako jsou plasty a papír. Energeticky bohaté složky odpadů se dále využívají pro výrobu alternativního paliva (brikety, pelety), vytríděné kovy pak k dalšímu zpracování. [21]

Biologická část procesu pak urychluje rozklad organické složky. Proces probíhá buď anaerobně nebo aerobně či kombinací těchto možností. Hlavním úkolem této části je zejména redukce hmotnosti odpadu a převedení aktivních biologických látek do stabilizovaného stavu. Tento stav předchází dalšímu tlení a tím vzniku metanu. [21]

Dochází až k 90 % redukci skleníkových plynů, zbylý odpad má až o 50 % nižší hmotnost, je stabilizovaný a je nadále určen k uložení na skládky. Tento produkt je také využíván k rekultivaci krajiny. [21]

3 TECHNOLOGIE KOMPOSTOVÁNÍ

Kompostářská praxe u nás v minulých letech vycházela z opatření zemědělského resortu směřujícího k mobilizaci zemědělsky využitelných odpadů s obsahem organických látek a živin. Výroba průmyslových kompostů byla proto založena na zpracování široké škály odpadů, což vedlo ke značné komplikaci výrobního procesu. Proto byly prováděny kompostové zakládky o hmotnosti až 3000 tun a doba kompletace se prodlužovala na 12 a více měsíců. Nebyly, až na nepatrné výjimky, využívány kvalitní odpady a navíc kompostářská praxe nevyužila nových poznatků, které umožňovaly zkvalitnění a intenzifikaci přeměny organických látek. Výroba kompostů byla velkoryse dotována a při tom se producenti odpadů na nákladech nezúčastňovali. [10]

Rozvoj kompostovacích technologií by nebyl možný bez správného pochopení jejich biologických a chemických pochodů a spolu s rozvojem analytických metod pro tuto oblast, umožnil širokou využitelnost kompostovacích procesů. Suroviny, které byly zpočátku považovány za odpad, jsou dnes brány jako potenciální zdroje živin, a proto se často označují jako přeměnitelné zbytky. Prudký nárůst kompostování, až na úroveň nejrozšířenější recyklační technologie pro organické odpady, začal v USA a v západní Evropě na počátku osmdesátých let 20. století, kdy se také začala ve větší míře uplatňovat speciální technika pro kompostování, zejména drtiče, samojízdné překopávače kompostu, bioreaktory apod. [10]

Využití klasických metod biodegradace pro výrobu kompostů ze zbytkové biomasy se neobejde bez uplatnění špičkových technologií, které využívají vysoce výkonnou techniku. [10]

Z organizačního hlediska se kompostování odpadů provádí ve třech úrovních [17]:

- domácí kompostování (na domácích zahradách)
- komunitní kompostování (sídliště, školy, kolonie)
- průmyslové kompostování (průmyslové a zemědělské)

Při volbě technologie však významnou roli hraje investice, tyto náklady jsou zohledněny do konečné ceny produktu – kompostu.

Existuje hned několik způsobů technologií výroby kompostu, rozlišují se tři hlavní způsoby technologie kompostování:

- kompostování na volné ploše
- kompostování v uzavřeném nebo polouzavřeném zařízení (intenzivní kompostovací technologie)
- kompostování ve vacích

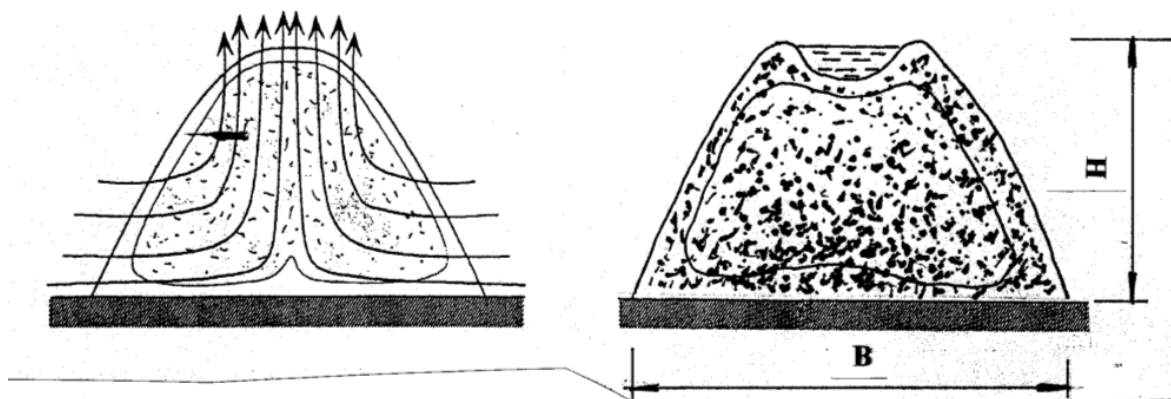
3.1 Kompostování na volné ploše

V dnešních podmínkách se nejvhodnější a nejméně nákladný způsob kompostování ukazuje kompostování v pásových hromadách na volné ploše [22]. Kompostovaný materiál se vrství do pásových hromad trojúhelníkového či lichoběžníkového průřezu [10]. Délka hromad je omezena délkou stanovišť [10]. Tyto hromady rovněž musí splňovat určité kritéria – zajištění volného přístupu pracovní techniky k hromadám kompostu, musí rovněž zamezit ohrožení povrchových a podzemních vod, minimální spád kompostovací plochy 2 %, zabezpečení odvodu srážkových vod a splachů z kompostů do podzemních nebo podzemních jímek odpovídající kapacity [10], [22]. Nejvhodnější jsou pásové hromady lichoběžníkového průřezu, vykazují nejmenší potřebu plochy na objem kompostu, přibližně 0,3 m² plochy na 1 m³ založených surovin [22]. Pásové hromady mají trojúhelníkový nebo lichoběžníkový profil [10].

U trojúhelníkových profilů pásových hromad je šířka běžná v rozmezí 2,50 až 4,0 m a výška profilu je pak dána zejména charakterem materiálu (zrnitost, zrnitost, sytný úhel, vlhkost) a je v rozmezí 1,0 až 2,20 m. Trojúhelníkový profil je využíván hlavně při kompostování menšího množství surovin. [10]

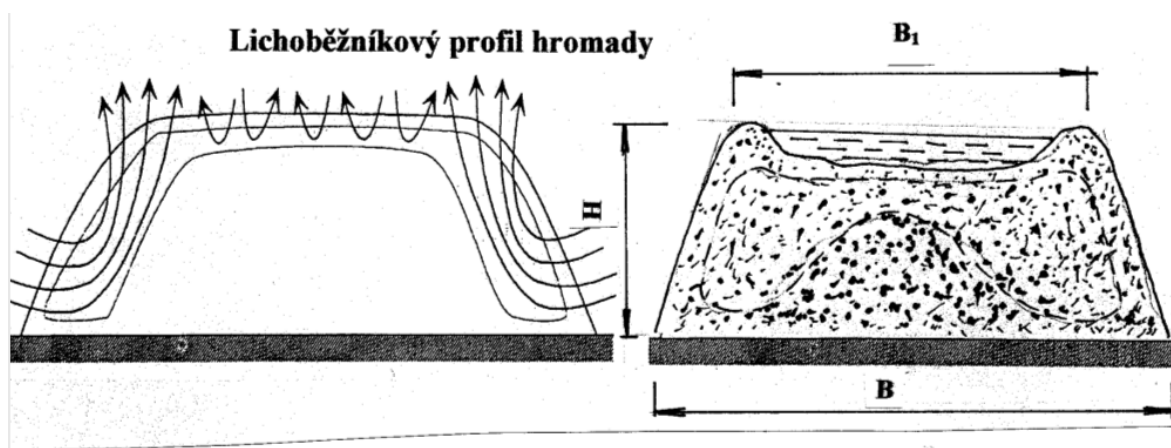
Výhodou hromad trojúhelníkového profilu je nepřehřívání kompostu a přirozené provětrávání profilu. Nevýhodou je pak zejména ztížená aplikace kejdy, při výšce nad 3 m je potřeba častěji překopávat. [10]

Trojúhelníkový profil hromady



Obrázek 5: Trojúhelníkový profil pásové hromady [10]

Lichoběžníkové profily se naopak využívají ke kompostování velkého množství surovin. Profil hromady umožňuje podélné navážení traktorovými přívěsy, úpravu hromady nakladači, šířka hromady je v rozmezí 3,0 až 6,0 m, výška 1,50 až 2,50 m. Výhodou je lepší využití ploch, lepší udržení teploty v hromadě zejména na začátku procesu, lepší aplikace tekuté složky, nevýhodou pak horší provětrávání a tím k častějšímu překopávání. [10]



Obrázek 6: Lichoběžníkový profil pásové hromady [10]

Jednorázově lze kompost vyrobit na dočasné polní kompostárně, např. na okraji pozemku, kde bude kompost použit, nesmí však jít o meliorovaný pozemek nebo pozemek v pásmu ochrany vodních zdrojů [10]. Tyto kompostárny jsou vhodné zejména tam, pokud roční produkce kompostu nepřesáhne 500 t [22].



Obrázek 7: Dočasná (polní) kompostárna [22]

Roční produkce kompostu nad 500 t se provádí na stálé kompostárně. Komposty je možno vyrábět na zpevněných plochách hnojišť, bývalých silážních žlabů nebo silážních boxů [22]. Požadavkům vodohospodářsky zabezpečeného stanoviště ale vyhoví vícevrstevná zpevněná plocha s dokonalou izolací [10].



Obrázek 8: Stálá kompostárna na volné ploše [22]

Soudobá technika se začala v posledním desetiletí uplatňovat zvláště v procesu rychlokompostování (kontrolované mikrobiální kompostování). Přední světové firmy začaly vyrábět menší, ale vysoce výkonné stroje využitelné v kompostovacích linkách při

rychlokompostování na malých hromádách. Jedná se o tzv. řízené kompostování, které celý proces urychlí. [10]

Technologie využívá možnosti zpracování odpadů v místě jejich vzniku, řeší zpracování chlévské mrvy, slámy, kejdy, dřevního odpadu, čistírenských kalů i domovního odpadu. Základky mají lichoběžníkový průřez o šířce 2,40 m a výšce 1,50 m, které jsou po celou dobu procesu zakryty geotextilií pro udržení teploty a vlhkosti. Rozklad proběhne za 6 až 8 týdnů za pomoci výkonných překopávačů a častějších překopávek hromad, 10 až 12. [10]

Vysoký stupeň mechanizace je dobrým předpokladem pro úspěšné zvládnutí celého procesu kompostování v pásových hromádách. V těchto technologiích se prosadily překopávače pracující kontinuálně, nasazení vyžaduje pečlivou úpravu profilu hromady, které se provádí nakladačem či traktorem s čelní shrnovací lopatou. [10]

3.2 Kompostování v uzavřeném nebo polouzavřeném zařízení

Jedná se o intenzivní kompostovací technologii. Podstatou technologie je intenzifikace rozkladné fáze kompostovacího procesu. Intenzifikací provzdušnění vede k dosažení vyšších teplot a tím ke zkrácení celého procesu. Proces v první fázi nabourá svou razancí organickou hmotu tak mohutně, že další fáze kompostování proběhnou rychleji. Velkou nevýhodou technologie je vysoká investiční náročnost. [10]

Zařízení pro intenzivní kompostovací technologie:

Polouzavřená zařízení:

- kompostovací žlaby
- kompostovací boxy

Uzavřená zařízení:

- rotační biostabilizátory
- uzavřené kompostovací boxy
- věžové bioreaktory
- tunelové bioreaktory

3.2.1 Kompostovací žlaby

Prostory pro kompostování mají tvary podlouhlých žlabů, které jsou zaplněny kompostem [10]. Výroba kompostu probíhá v kompostovacích žlabech metodou kontrolovaného aerobního rozkladu s možností podpory procesu přístupem vzdušného kyslíku do tělesa výrobní zakládky pomocí ventilačních jednotek [23].

Bioodpady jsou v poměrech podle zadané receptury homogenizovány a naváženy k zakládce do příslušného kompostovacího žlabu. Po ukončení návozu a uzavření zakládky je výrobní zakládka podle potřeby provzdušňována samostatnou ventilací výrobního boxu, popřípadě je výrobní zakládka vlhčena. [23]

V rámci výroby může být zakládka přeházena nebo sloučena s předchozí nebo následující zakládkou do jednoho žlabu (během kompostování dochází ke ztrátě objemu i hmotnosti materiálu). S ohledem na cíl výroby může být během manipulace se zakládkou do kompostu ve výrobě přimísena další surovina pro úpravu matrice, vlhkosti nebo kvality kompostu. [23]

K provzdušňování kompostu se používají překopávače, např. americký systém ROYER nebo německý BACKHUS [10].

3.2.2 Kompostovací boxy

Jedná se o polouzavřené zařízení, boxy z monolitických desek jsou 10 až 12 m dlouhé, 3 – 4 m široké a 2,50 – 3,0 m vysoké a jsou umístěny z důvodu ochrany před převlhčením pod střechou. Boční stěna je otevíratelná, zařízení je vybaveno jeřábovou drahou na stěnách boxů, po které pojíždí jeřábový most s kočkou. [10]

Systém je vybaven zavlažovacím zařízením, ventilátory vhánějí vzduch přes rošty uložených na dně boxů a zabezpečují tak provzdušnění kompostu. Překopávací zařízení je nesené na jeřábové kočce a pracovním orgánem je spirála opatřená výstupky, které zabezpečují průběžnou mechanickou destrukci částic materiálu. Vynášením materiálu z dolních vrstev základky až na povrch dochází k intenzivnímu provzdušňování. [10]

Doba kompostování v boxu trvá 2 až 4 měsíce, celý proces je plně automatizovaný a zařízení je vybaveno centrálním řídicím a kontrolním systémem. [10]

3.2.3 Rotační biostabilizátory

Reaktor tvoří přechod od polouzavřených systémů, kompost se rozkládá v uzavřeném prostoru, provzdušňování probíhá převalováním materiálu v pomalu otáčejícím bubnu, do kterého se zavádí vzduch. Kompost v bubnu je zadržován po dobu jen několika dnů, tedy než je dosaženo jeho stabilizace a hygienizace [10].

3.2.4 Uzavřené kompostovací boxy

Kovové nebo plastové hranaté kontejnery, které jsou mobilní (objem do 10 m³) či stacionární (do objemu 50 m³). Jedná se o vsádkový bioreaktor, do něhož se vhání vzduch [10].

Nevýhodou kompostovacích boxů je, že materiál uvnitř kontejneru nevykonává žádný pohyb a vzduch přiváděný dnem může tvořit zkratové kanálky, kterými část vzduchu uniká [10].

3.2.5 Věžové bioreaktory

Válcové nádoby o průměru 8 – 10 m a výšky 7 m, vyprazdňovací a provzdušňovací mechanismus je na dně válce. Mechanismus je tvořen válcovou frézou, pohybuje se kolem osy věže a při vyprazdňování dopravuje kompost k otvoru, kudy vypadává ven. Věž se plní ze shora dopravním pásem [10].

3.2.6 Tunelové bioreaktory

Reaktor má obdélníkový průřez, ve spodní části je systém kanálů pro rozvod vzduchu. Kompost se posouvá pomocí pohyblivého dna nebo čelního štítu, které je rovněž pohyblivé. Tunelové bioreaktory pracují, tak jako věžové, v kontinuálním režimu. [10]

Výhodou tunelových bioreaktorů je rovnoměrné provzdušnění, nízké nebezpečí zkratových kanálků způsobené nízkou vrstvou materiálu, která se denně stlačuje a narušuje tak tyto kanálky a snadno přístupné mechanické části [10].

Bioreaktory pracují buď ve vsádkovém režimu, vsádka se po určitou dobu provzdušňuje, nebo v kontinuálním režimu, kdy se kompostovaný materiál posunuje, opouští reaktor a odpovídající materiál musí být opět na vstupním konci navezen [10].

První fáze kompostovacího procesu je zkrácena na dobu 5 – 7 dnů díky intenzivnímu provzdušňování, záleží rovněž ale i na kompostovaném materiálu [10].

Kompost po krátkodobé fermentaci není vyzrálý, proto se musí nechat ještě 2 – 4 týdny uzrát [10].

3.3 Kompostování ve vácích

Další z možností kompostování biologicky rozložitelných odpadů je kompostování ve vaku. Kompostování ve vaku je investičně výhodnou technologií, urychluje výrazně dobu kompostování [24], [25].

Kompostování ve vaku lze označit jako kompostování v pásových hromadách na volné ploše s tím rozdílem, že hromady jsou ukládány do uzavřených PE – vaků [26].

K výrobě kvalitního kompostu je zapotřebí zajistit optimální podmínky [27]. Z tohoto důvodu je nutno dodržovat správný sled operací jako je příjem surovin, založení kompostu do vaků, řízení průběhu komponovacího procesu, ukončení procesu, expedici hotového produktu a popř. jeho další zpracování, např. prosévání atd. [26].

Po zvážení jsou přijímané suroviny umístěny na příjmovou plochu tak, aby mohly být vhodně odebírány a v případě potřeby mohla být ještě provedena jemná dezintegrace některých surovin pomocí drtiče nebo štěpkovače [27].

Suroviny (např. tráva, listí dřevní štěpka aj.) jsou vkládány pomocí čelního kolového nakladače do kompostovacího stroje, kde dochází k homogenizaci, drcení a promíchání materiálu [27]. Surovinová skladba je předem stanovena [26].



Obrázek 9: Kompostovací stroj pro plnění vaků [26]

Následně jsou suroviny plněny do kompostovacích vaků na ploše, kde zůstanou po celou dobu procesu [24], [27]. Spolu s materiálem je do vaků vkládána perforovaná PE – hadice, jejímž účelem je přisun vzduchu do vaku za pomoci provzdušňovacího ventilátoru [27]. Množství vzduchu je regulováno v závislosti na potřebu vzdušného kyslíku pro zajištění optimálního aerobního průběhu [26].

U kompostování ve vaku je zapotřebí dbát zvýšené pozornosti při přípravě surovinové zakládky – poměr C: N, vlhkost, homogenitu i poréznost, po uzavření vaků již není možno tuto zakládku měnit [26].

Kompostovací plocha má doporučený šikmý sklon asi 3 °, ventilační systém je umístěn v nejvyšším bodě, aby nedocházelo k propuštění vody z provzdušňovací hadice [28], [29]. Vaky jsou umístěny co nejbližší k sobě tak, aby zaujímaly co nejméně místa a také kvůli optimálnímu využití tepla, zejména pak v zimním období [29].

Po ukončení celého procesu je vak proříznut, kompost vyjmut a produkt je expedován buď k přímému použití, nebo k dalšímu zpracování [27].

Celý proces kompostování ve vaku probíhá po dobu 8 – 12 týdnů [28], [29]. Za normálních podmínek lze snadno během roku zvládnout dva cykly, za příznivých podmínek i tři cykly. Při dostatečné ploše je možné komposty nechat ve vaku, a tak se zbavit potíží s volným skladováním [28], [30].

Kompostovací vaky jsou vyrobeny z PE materiálů, délka vaku je 60 m, o průměru 1,50 – 2,40 - 3,0 m a tloušťce fólie 0,9 mm [26], [28]. Kapacita vaků se pohybuje od 80 t

do 175 t, v závislosti na průměru vaku [26]. Vaky jsou na jedno použití a recyklovatelné [18].

Technologie kompostování ve vaku se používá hojně v USA při kompostování biologických odpadů u velkých měst nebo v uzavřených objektech jako jsou letiště či zoologické zahrady [25]. V Evropě se tato technologie nejvíce rozšiřuje v zemích Skandinávie, především ve Švédsku a Finsku a rovněž ve Velké Británii, tedy v zemích, kde je kladen velký důraz na ochranu životního prostředí [30].

Největší výhodou technologie kompostování ve vácích, vedle nízkých investičních nákladů, je úspora vodohospodářsky zabezpečených ploch. Ke kompostování postačí zpevněná ploch s nosností zhruba $6,0 \text{ t/m}^2$ [26].



Obrázek 10: Kompostování ve vaku [26]

3.4 Organizace kompostování

Kompostování z organizačního hlediska dělíme do tří částí, domácí kompostování, komunitní a průmyslové kompostování.

3.4.1 Domácí kompostování

Domácí kompostování je jednoduchý způsob omezení podílu odpadů ze zahrad a kuchyňského bioodpadu v komunálním odpadu [31]. Je výhodné spojit domácí kompostování odpadů ze zahrady s kompostováním odděleně sbíraného domovního bioodpadu [5].

Domácí kompostování se může provádět v kompostovacích zakládkách, v boxech či v kompostéru [7]. Při domácím kompostování se úspěšně uplatňují různé podpůrné prostředky, jako jsou např. kompostové startéry nebo postřikové substance [5].



Obrázek 11: Plastový kompostér pro domácí kompostování, www.kompostery.cz

3.4.2 Komunitní kompostování

Komunitní kompostování je třídění odpadů občany, kteří vytríděný bioodpad přinášejí na společné kompostoviště a je společným zařízením určité komunity [7]. Touto komunitou mohou být např. školy, zahrádkářské komunity, obyvatelé sídliště atd. [32]. Komunitní kompostování organizují aktivisté ekologických organizací nebo zahrádkářské svazy [5].

Komunitní kompostování se provádí na zakládkách jako na centrálním kompostovišti, vhodné je rovněž v otevřených boxech, k překopávání slouží nakladač, v menší míře může jít o překopávání manuální, u škol je pak možno použít kompostéru nebo bioreaktoru s řízenou aerací [5]. Roční výroba kompostu je v rozsahu 10 – 20 t [7].

Pro komunitní kompostování lze využít vermikompostování, automatické kompostéry, dřevěné kompostéry, plastové kompostéry nebo speciální komunitní kompostéry pro bytovou a sídlištní zástavbu [32].

3.4.3 Průmyslové kompostování

Průmyslové, nebo též centrální, kompostování organizují zpravidla technické služby obcí a další podnikatelské subjekty [7].

Průmyslové kompostování je zajišťováno na kompostovišti, pokud roční produkce nepřesáhne 500 t vyrobeného kompostu, nebo na průmyslové kompostárně s produkcí nad 500 t vyrobeného kompostu [5].

Kompostování se provádí na kompostovaných hromadách nebo v bioreaktorech [7]. Způsob výroby kompostu upřesňuje norma ČSN 465735 „Průmyslové komposty“ [5]. Zřízení pro výrobu kompostu musí být zajištěny nepropustnou úpravou proti úniku závadových látek do půd nebo vod, zabránovat nežádoucímu smísení látek se srážkovými vodami, tzn., že musí být konstrukčně řešeny tak, aby umožnili odvod srážkových vod a splachů z kompostů do odpadních jímek [5].

Průmyslové kompostování je finančně náročné, zejména investice do vodohospodářsky zabezpečených kompostáren jsou značné, proto se v současnosti využívají vodohospodářsky zabezpečené silážní žlaby, hnojiště, zemědělská složiště nebo ve městech objekty bývalých uhelných skladů [5].

4 TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ PRO KOMPOSTOVÁNÍ

Základním technickým zařízením pro výrobu kompostu jsou drtiče a štěpkovače, zařízení pro úpravu odpadů, dále pak překopávače, které slouží pro provzdušnění a promíchání kompostu a prosévače, rotační síta, k prosévání hotového kompostu [5].

Tato zařízení jsou vhodná v sestavě kompostovacích linek, které podle použití a agregace jednotlivých strojů dělíme na [22] :

- linky s jedním energetickým zdrojem (s možností připojitelného nářadí)
- linky z jednoúčelových strojů (stroje s vlastním pohonem)
- linky kombinované

4.1 Technické prostředky kompostovací linky

Kompostovací linky lze rozdělit podle konečného produktu do dvou částí [33]:

- linky pro výrobu hrubého kompostu
- linky pro výrobu jemného kompostu

Mezi technické prostředky, které jsou základním vybavením kompostovací linky, patří [33] :

- energetický prostředek
- drtič nebo štěpkovač
- překopávač kompostu
- prosévací zařízení
- ostatní zařízení

4.2 Kompostovací linky a další varianty

Základním článkem linky s jedním energetickým zdrojem je energetický prostředek s minimálním výkonem 35 kW [22]. K tomuto prostředku je možné připojit např. čelní lopatu nebo zemědělský drapák a další technické prostředky [34]. Nejčastějším prostředkem je zejména využíván kolový traktor či nakladač [33].

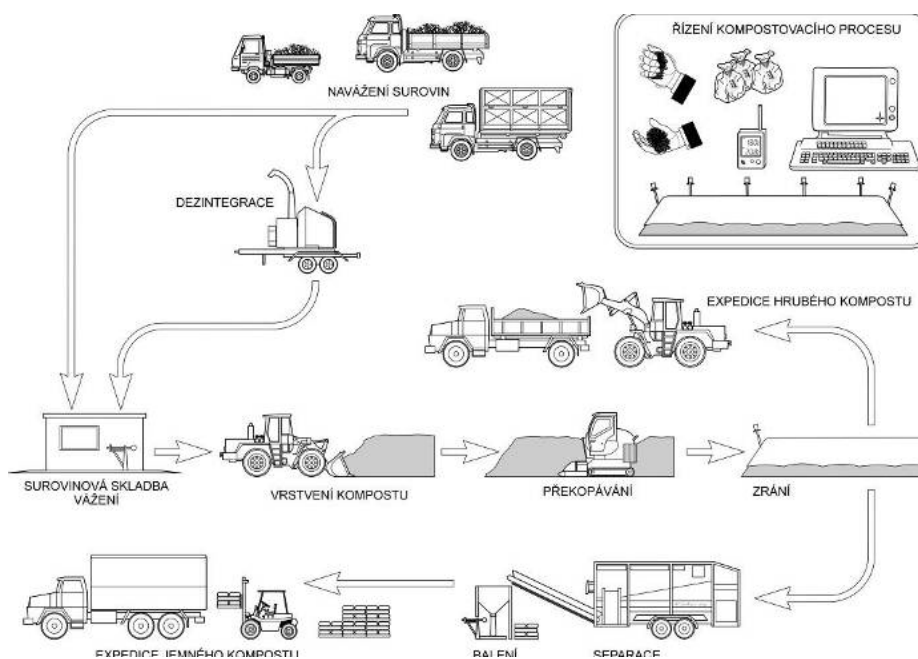
Proces proměny zbytkové biomasy na kompost je prováděn jedním pracovníkem za pomoci jednoho energetického prostředku [22]. Stojní řešení této kompostovací linky získalo osvědčení jako užitečný vzor pod názvem Zařízení pro zpracování biologicky rozložitelných surovin kompostováním [22].

Mimo této varianty lze však i využít dalších možností strojního řešení kompostovací linky.

Další z variant je kompostovací linka sestavená z jednoúčelových strojů. Toto zařízení používá jednoúčelové stroje s vlastním pohonem, zejména samojízdný překopávač kompostu. [34]

Výhodou kompostovací linky je vyšší výkonnost jednotlivých strojů a tím i celé linky, velké investiční náklady jsou však značnou nevýhodou tohoto zařízení. [34]

Kombinovaná kompostovací linka je variantou předchozích linek. Energetický prostředek je využíván jen pro některé činnosti, ostatní operace zajišťují jednoúčelové stroje [34]. Tato linka snižuje náklady a zároveň zvyšuje výkonnost celé linky. [34]



Obrázek 12: Schéma kompostovací linky [34]

4.3 Energetické prostředky

Mezi nejčastější energetické prostředky patří kolový traktor, nosič nářadí nebo nakladač, který slouží pro manipulaci se surovinami [33]. Tyto prostředky jsou využívány v linkách zejména v tom případě, pokud jsou pro některé procesy používány stroje bez vlastního pohonu [22].



Obrázek 13: Energetický prostředek – nakladač, autor Milan Hrčka, www.biom.cz

4.4 Drtiče, štěpkovače

Suroviny ukládané do zakládek kompostu vyžadují rozmělnění či rozdrčení pro kvalitní a snadnou jemnou dezintegraci (homogenizaci) vstupního materiálu [33]. Jedná se zejména o drcení a štěpkování surovin jako dřevní odpady, zelené hmoty, kůry, listí, ale i o organický podíl vytríděného komunálního odpadu [22].

Požadovaná velikost částic je dána charakterem materiálu, obecně pro kompostování platí [10]:

- čím menší částice, tím větší je styčná a oxidační plocha a biodegradabilní proces probíhá účinněji
- čím materiál lépe degraduje, tím větší mohou být částice v zakládce
- čím menší částice jsou požadovány, tím větší jsou náklady na jejich rozmělnění

Základní požadavky na stroje pro drcení a štěpkování [33]:

- rozdrtit materiál částice o objemu 0,5 až 5 cm³
- zpracovat materiál suchý, polosuchý i vlhký
- snadná výměna části pracovního ústrojí
- konstrukční řešení musí zamezit častému ucpávání
- pracovní ústrojí musí být odolné proti otěru drceným materiálem
- konstrukce musí splňovat podmínky bezpečnosti práce

- snadnost obsluhy
- výkonnost
- hospodárnost

4.4.1 Drtiče

Jsou určeny pro drcení nebo rozmělnění tenčích větví, zelené hmoty, kůry a dalších měkčích materiálů [10]. Drtiče rozmělnují materiál na částice, které mají velký povrch a jsou pro kompostování velkým přínosem [33]. Rozmělnovací účinek závisí na typu drtícího ústrojí, tvaru a počtu kladívek, nožů, cepů a otáčkách rotoru [22].

Drtiče lze rozdělit podle [33] :

- způsobu pohonu (připojitelné k energetickému prostředku, samojízdné s vlastním motorem, přívěsné s vlastním motorem)
- druhu pracovního ústrojí (talířové, nožové, spirálové ostří, kladívkové, kombinované)
- množství a velikosti zpracovávaných organických zbytků (nejvýkonnější drtiče dosahují výkonu 120 m³ nadrceného materiálu za hodinu)
- způsobu přepravy (přenosné - mají většinou elektromotor, jednoosý podvozek, dvouosý podvozek)
- počtu otáček (pomaloběžné - používají se na drcení objemných surovin ze dřeva - kořeny, pařezy, silné kmeny a rychloběžné, které drtí veškeré biologické suroviny)
- výkonu motoru



Obrázek 14: Pomaloběžný drtič Arjes - Raptor XL, www.fret.cz

4.4.2 Štěpkovače

Tato zařízení jsou určené k beztrískovému dělení dřeva napříč či podél vláken [10]. Vyprodukovaná štěpka má malou aktivní plochu, což má za následek delší dobu kompostování a tím i větší náklady. Další nevýhodou je vysoká pracnost a zdlouhavý proces štěpkování. Jelikož má ústrojí pevné nože, je ke štěpkování vhodné pouze dřevo bez příměsí, aby nedocházelo k poškození pracovního ústrojí.[22]

Předností štěpkovačů je schopnost produkovat štěpku rovnoměrné velikosti při beztrískovém dělení dřeva [22]. Pro štěpkování se hodí dřevo čerstvé a mokré, měkké a rovné [10].

U štěpkovačů jsou využita tato pracovní ústrojí [10]:

- diskové
- bubnové
- spirálové

Štěpkovače jsou podle rozdělení rozlišena na [10]:

- traktorové
- samojízdné s vlastním pohonem

- přívěsné s vlastním pohonem



Obrázek 15: Štěpkovač Maxim 420, www.stepkova.cz

4.5 Překopávače kompostu

Účelem překopávání kompostu je jeho provzdušnění, zajištění přístupu kyslíku a zintenzivnění mikrobiální činnosti [33]. Překopávání kompostu je vlastně nejdůležitější operací v celém procesu kompostování [10], [33].

Z hlediska výkonu, využití pracovního času, kvality práce a prostorových nároků na stanoviště, jsou nejvýhodnější stroje pracující kontinuálně [35].

Požadavky na konstrukční řešení překopávačů vyplývají zejména z charakteru zpracovávaných surovin a z objemu produkce kompostu [35].

Mezi nejdůležitější požadavky patří zejména [33]:

- kvalitní promísení a provzdušnění surovin v celé výšce překopávaného profilu
- nízká pracovní rychlost a možnost její regulace v rozsahu 0 - 1000 m. h⁻¹
- případně částečné rozmělnění navezených surovin
- formování překopávaných surovin do hromady rozměrově určeného profilu

- dobrá manévrovatelnost a jezdové vlastnosti pro pohyb po pracovní ploše

Dalším kritériem pro rozdělování překopávačů kompostu je způsob pohonu jezdového a pracovního ústrojí [36]. Pro jejich pohon je možné buď využívat jako energetický zdroj další prostředek, převážně traktor popř. nakladač anebo může mít překopávač kompostu vlastní energetický zdroj pro jezdové i pracovní ústrojí [33]. Podle toho jsou překopávače kompostu rozdělovány na připojitelné a samojízdné [26].

Překopávače kompostu připojitelné k energetickému prostředku [33]:

- nesené
- tlačené
- tažené



Obrázek 16: Překopávač kompostu připojitelný tažený [36]

Překopávače kompostu samojízdné [33]:

- pohon elektrickým motorem
- pohon zážehovým motorem
- pohon vznětovým motorem

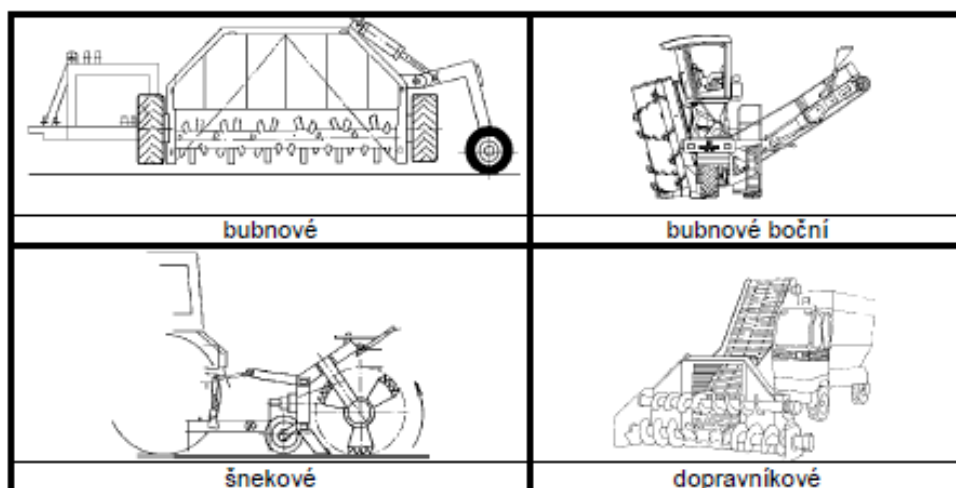


Obrázek 17: Překopávač kompostu samojízdný [36]

Nedůležitějším procesem je, aby stroj důkladně provzdušňoval kompost, proto nejvýznamnějším kritériem pro rozdělení překopávačů kompostu je pracovní ústrojí [35].

Pracovní ústrojí překopávačů [35]:

- bubnové
- šnekové
- dopravníkové
- bubnové boční
- kotoučové
- kombinované



Obrázek 18: Typy pracovních ústrojí překopávačů [35]

4.6 Prosévací zařízení a separátory

Prosévací zařízení slouží pro úpravu kompostu při vyšším podílu nerozložitelných částic. Je vhodné vybavit kompostárnu prosévacím zařízením, prosévače umožní třídit finální produkt na více frakcí, který je určen pro expedici nebo k dalšímu zpracování. [33]

Používají se síta s různými velikostmi ok, prosévače jsou vybavena čistícími kartáči, které umožňují čištění sít za provozu a zabraňují tak ucpávání ok síta [33].

Základní znaky prosévacích zařízení [36]:

- specifikace surovin, které se budou prosévat (velikost částic, objemová hmotnost, vlhkost, lepivost, přilnavost)
- místo prosévání (kompostárna, místo vzniku odpadu, práce formou služeb)
- prostorové nároky (rozměry prosévacího zařízení a navazujících dopravníků)
- technické parametry prosévacích zařízení (velikost otvorů, povrch prosévací plochy, počet kmitů, obvodová rychlost bubnu)
- pořizovací cena (v současnosti zejména u separačních zařízení značně vysoká)
- provozní charakteristiky (pořizovací cena, provozní náklady, požadavky na energii, požadavky na údržbu, výkonnost, hlučnost, prašnost)

Základní typy prosévačů [35]:

- **vibrační třídiče s rovinným sítem** – principem činnosti je přerušovaný posun materiálu ve směru spádnice po šikmo uloženém rovinném sítu
- **rotační třídiče s válcovým sítem** – principem činnosti je plynulý posun materiálu vnitřním povrchem rotujícího válcového síta
- **rotační rošty** – jsou tvořeny soustavou hřídelí, na kterých jsou v pravidelných roztečích umístěny ocelové nebo pryžové elementy
- **třídící a drticí lopaty** – jsou speciálními prosévací zařízení, kterými lze nahradit lopatu u čelních nakladačů



Obrázek 19: Rotační síto válcové [36]

Separátory se používají zejména při kompostování bioodpadu z odděleného sběru bioodpadu. Důvodem je množství PVC příměsí a jiných příměsí, které se musí oddělit po prosátí kompostu prosévacím zařízením. Nadsítný materiál je dotříděn na kovový odpad, lehké příměsí (PVC apod.), kameny a čistý nadsítný bioodpad. [33]

Rozdělení separátorů [33]:

- **odstředivé odlučovače** - odstředivé odlučovače pracují na principu různých balistických drah nestejně hmotných částic, na principu odlišné intenzity odrazu pružných a nepružných částic, či na principu rozdílných valivých a třecích vlastností částic
- **vzduchové třídiče** - dochází k oddělení lehkých surovin (fólie, papír) proudem vzduchu, zbylá těžká frakce odchází do drtiče a může být dále kompostována

4.7 Ostatní zařízení

Pro správný chod kompostárny je potřeba dalších strojů a zařízení, která jsou buď běžně používána při jiné zemědělské činnosti, nebo jsou to stroje a zařízení speciální, určená pouze pro kompostování. Zejména u malých kompostáren je výhodné spojit technické zázemí, skladovací prostory, prostory pro uschovávání strojů, sociální zařízení pro obsluhu apod. s dalším pracovištěm podobného zaměření, které těmito zařízeními a prostory disponuje a ne zcela je využívá. [36]

Stroje a zařízení [36]:

- zařízení pro evidenci příjmu surovin,
- přípojka elektrického proudu,
- zastřešená plocha,
- zařízení pro vlhčení kompostu v pásových hromadách,
- biotechnologické přípravky (pro stimulaci kompostovacího procesu a potlačení zápachu),
- plachty (fólie, textilie) pro přikrývání kompostu v pásových hromadách,
- zařízení pro manipulaci s kompostovanou plachtou



Obrázek 20: Kompostárny na území ČR, www.zeraagency.cz

5 LEGISLATIVA

V roce 2010 činilo celkové množství biologicky rozložitelného komunálního odpadu uloženého na skládky 1,377 mil. tun bioodpadů. Pro splnění limitů Evropské směrnice bychom museli v roce 2010 uložit na skládky maximálně 1,147 mil. tun bioodpadů, požadované limity tak v roce 2010 za Českou republiku splněny nebyly. [37]

5.1 Biologicky rozložitelné odpady

Mezi biologicky rozložitelné odpady zařazujeme veškeré odpady, které splňují charakteristiku biologicky rozložitelných odpadů. Ve většině případů si nakládání s BRO ve výše uvedených kategoriích na své náklady řeší firmy, které odpady produkují. Obec zde pouze kontroluje, zda nakládání s těmito odpady probíhá v souladu se zákonem. [37]

Jsou to zejména odpady ze zemědělství, lesnictví a potravinářství, dále odpady z průmyslu papírenského a textilního, odpady ze zpracování dřeva, kůží a dalších výrob. Jde o kvantitativně významnou skupinu – představují zhruba 23 % veškeré produkce odpadů. [37]

BRO jsou definovány v katalogu odpadů, viz příloha č. 1

5.2 Biologicky rozložitelné komunální odpady

Mezi BRKO, které mají 100% podíl biologicky rozložitelné složky, zařazujeme (biologicky rozložitelné komunální odpady), jedná se o skupinu odpadů začínající číslem 20, které označujeme „komunální odpady“. Jedná se o odpady z domácností a jim podobné odpady živnostenské, průmyslové a odpady z úřadů, včetně složek z odděleného sběru odpadů. [37]

BRKO mají různorodé vlastnosti a proto je jejich sběr, zpracování a odstraňování problematické. Mají i negativní vliv na životní prostředí - jde zejména o tvorbu skleníkových plynů a kyselých výluhů při hydrologických procesech. [3]

Životní prostředí může výrazně ovlivnit i způsob nakládání s nimi, a to jak pozitivně, tak negativně. Některé druhy odpadů, vykazovaných jako BRKO, však mají jen určitý podíl biologicky rozložitelné složky. [3]

BRKO je definováno v katalogu odpadů, viz příloha č. 2

5.3 Přehled legislativy bioodpadů

- **Zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech** – legislativní požadavky na sběr a zpracování bioodpadů vychází zejména z tohoto zákona [37]
- **Vyhláška č. 381/2001 Sb.** – vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví Katalog odpadů a Seznam nebezpečných odpadů [38]
- **Vyhláška č. 341/2008 Sb.** – vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady, (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) [38]
- **Vyhláška č. 294/2005 Sb.** - vyhláška o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady [38]
- **Vyhláška č. 474/2000 Sb.** - vyhláška Ministerstva zemědělství o stanovení požadavků na hnojiva [38]
- **Zákon č. 254/2001 Sb.** - zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) [38]
- **Vyhláška č. 299/2003 Sb., § 53** - o opatřeních pro předcházení a zdolávání nákaz a nemocí přenosných ze zvířat na člověka [37]
- **Nařízení Evropského parlamentu a rady ES č. 1069/2009** - ze dne 21. října 2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a o zrušení nařízení (ES) č. 1774/2002 (nařízení o vedlejších produktech živočišného původu) [37]
- **Nařízení Evropského parlamentu a rady ES č. 853/2004** - ze dne 29. dubna 2004, kterým se stanoví zvláštní hygienická pravidla pro potraviny živočišného původu [37]

5.4 Podmínky pro předcházení vzniku bioodpadů

Základní normou pro předcházení BRKO je samotný zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech [37].

Podle § 9 zákona 185/2001 Sb. o odpadech je nutno vždy dodržovat následující podmínky [37]:

- a) předcházet vzniku odpadů
- b) příprava k opětovnému použití
- c) recyklace odpadů
- d) jiné využití odpadů
- e) odstranění odpadů

V domácnostech nebo provozovnách je nejvíce prostoru pro předcházení vzniku bioodpadů, kde zbytky organického materiálu mohou být opětovně přepracovány a znovu navráceny pro potřebu domácností nebo provozoven [37].

Bioodpady jsou jediným odpadem, který lze 100 % recyklovat. Pokud tento odpad občané zpracují svépomocí, nejedná se již o bioodpad, ale jen o organický materiál a tento materiál pak již nevstupuje do evidence odpadů. [37]

Při kompostování nesmí dojít k ohrožení životního prostředí, při předcházení vzniku bioodpadů lze kompostovat libovolný organický materiál, který není vedlejším živočišným produktem a není odpadem. Je třeba dbát na to, aby do životního prostředí neunikly látky, které by mohly ohrozit kvalitu povrchových nebo spodních vod, dále se musí dbát na vhodné umístění, případně druh kompostéru v záplavových územích. [37]

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo jednoduše vysvětlit jednu z metod zpracování biologicky rozložitelných odpadů – kompostování, popsat technologie kompostování a technická zařízení. Kompostování však není jedinou metodou zpracování bioodpadů, další alternativy jsou rovněž v práci stručně popsány.

Kompostování je bezesporu nejrozšířenějším způsobem zpracování bioodpadů, jehož historie spadá až do dob neolitu. Kompostování je rovněž finančně nejvýhodnější způsob jak s takovými odpady naložit. Nezanedbatelnou výhodou je ale fakt, že pomocí této metody zpracování biologicky rozložitelných odpadů, můžeme zásadně omezit produkci skleníkových plynů, které vznikají na skládkách při nekontrolovatelném hnití odpadů, můžeme zredukovat objem odpadů a co je podstatné, vyrobíme humus, organickou hmotu, který je pro půdu nepostradatelným a tolik potřebným zdrojem živin.

Kompostování je tedy ekologickou, levnou metodou. Velice zajímavou technologií kompostování je kompostování ve vacích. Tato moderní technologie umožňuje zkrátit celý proces výroby kompostu a to oproti jiným technologiím kompostování lze celý cyklus za příznivých podmínek zvládnout třikrát do roka. Tato technologie je běžná zejména v zahraničí, V USA a západní Evropě, hlavně ve Skandinávii, tedy v zemích, kde jsou kladeny velké nároky na ekologii a životní prostředí. Bohužel u nás není tato technologie zatím příliš rozšířená, přitom se jedná o neméně kvalitní proces kompostování jako kompostování v pásových hromadách. Výhodou technologie je především nenáročnost na potřebu vodohospodářských ploch, rovněž není ovlivňována povětrnostními vlivy díky uzavřenému prostředí, neboť výkyvy počasí a předpovědi meteorologů nejsou zcela příznivé a proto tato metoda má svoji budoucnost.

Kompostování jako takové má však v České republice velmi dlouhou historii. Před více než 100 lety byla u nás zřízena první kompostárna na zpracování bioodpadů, konkrétně při Pražské čistící kanalizační stanici. Od této doby bylo kompostování na našem území v rozvoji, vyrobilo se téměř 2,5 milionu tun kompostu. Vinou ztráty dotací po roce 1989 dochází k útlumu. Kompostování je však v současné době na vzestupu. Mohou za to zejména legislativní úpravy odpadového hospodářství, zákon 185/2001 Sb. o odpadech, směrnice Evropské rady 99/31/EC o omezení množství biologicky

rozložitelného odpadu na skládkách. A závazky stejně neplníme. Kompostování tedy zůstává velmi významným nástrojem odpadového hospodářství.

I další metody zpracování biologicky rozložitelných odpadů stojí za úvahu. Ať už se jedná o zpracování biomasy pro výrobu bioplynu nebo bioetanolu. Vše má přínos. Skládání odpadů je příliš drahá záležitost, zatěžuje životní prostředí a stále je nutné řešit co s tímto odpadem dál. Spalování je rovněž drahé, nepopulární a ne vše se dá spálit.

Co dál? Začít musíme od sebe. Začít třídít odpad. Uvědomit si, že jsme součástí přírody, pochopit, že ne všechno bioodpad patří do popelnice a je nutno ho odvézt na skládku. Uvědomit si, že půda je pro nás životně důležitou součástí, tak jako voda a vzduch. Ochrana životního prostředí a přírody je nejen zodpovědnost, ale i nutnost, může nám do budoucna přinést blahobyty.

Seznam literatury

1. MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČR. *Biologicky rozložitelné odpady*. [online]. 2008-2012. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://mzp.cz/cz/biologicky_rozlozitelne_odpady
2. MENDELOVA ZEMĚDĚLSKÁ A LESNICKÁ UNIVERZITA V BRNĚ AGRONOMICKÁ FAKULTA. *Biologické zpracování odpadů* [online]. 2008. vyd. Brno, 2008, 131 s. [cit. 2014-03-15].
3. ALTMANN, Vlastimil: *Nakládání s biologicky rozložitelnými odpady*. Biom.cz [online]. 2010-08-18 [cit. 2014-04-21]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/nakladani-s-biologicky-rozlozitelnymi-odpady>
4. *Údaje o toku biologicky rozložitelných odpadů*. [online]. 2007, [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://biom.cz/rp-bro/p02.pdf>.
5. VÁŇA, Jaroslav: *Kompostování odpadů*. Biom.cz [online]. 2002-01-14 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-odpadu>.
6. CORNELL WASTE MANAGEMENT INSTITUTE. *Why composting*. [online]. 1996. vyd. [cit. 2014-03-18]. Dostupné z: <http://compost.css.cornell.edu/why.html>
7. KOTOULOVÁ, Zdenka; VÁŇA, Jaroslav. *Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem*. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí ve spolupráci s Českým ekologickým ústavem, 2001. 70 s. ISBN 80-7212-201-0.
8. KALINA, Miroslav. *Kompostování a péče o půdu*. 2., upr. vyd. Praha: Grada, 116 s. Česká zahrada. ISBN 80-247-0907-4.
9. KOMPOSTUJ. *Proč třídit odpad*. [online]. 2011-03.15. [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/vime-proc/proc-tridit-bioodpad/>
10. ZEMÁNEK, Pavel. *Speciální mechanizace: mechanizační prostředky pro kompostování*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2001. ISBN 80-715-7561-5.
11. KÁRA, Jaroslav, PASTOREK, Zdeněk, JELÍNEK, Antonín: *Kompostování zbytkové biomasy*. Biom.cz [online]. 2002-01-31 [cit. 2014-04-18]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-zbytkove-biomasy>.

12. FLOWERDEW, Bob. *Kompost*. Vyd. 1. V Praze: Metafora, 2011, 112 s. Biozahrada. ISBN 978-80-7359-274-5.
13. DIAZ, Luis F, M DE BERTOLDI a Werner BIDLINGMAIER. *Compost science and technology*. Boston, MA: Elsevier, 2007, p. cm. ISBN 00-804-3960-8.
14. VÁŇA, Jaroslav. *Výroba a využití kompostů v zemědělství*. Vyd. 2. V Praze: Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR, 1997, 38 s. Rostlinná výroba. ISBN 80-710-5144-6.
15. BIOPROFIT: *Popis anaerobní technologie*. [online]. [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
16. ALTMANN, Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA. *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010, 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.
17. HLAVATÁ, Miluše. *Odpadové hospodářství: metodická pomůcka*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2004, 174 s. ISBN 978-80-248-0737-92007.
18. MUŽÍK, Oldřich, SLEJŠKA, Antonín: *Možnosti využití anaerobní fermentace pro zpracování zbytkové biomasy*. Biom.cz [online]. 2003-07-14 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-anaerobni-fermentace-pro-zpracovani-zbytkove-biomasy>>.
19. RYCHTERA, M., P. PATÁKOVÁ a K. MELZUCH. *Biotechnologie v potravinářském průmyslu*. [online]. 2013. vyd. [cit. 2014-03-23]. Dostupné z: <http://www.vscht.cz/kch/download/sylaby/biotpotrprum.pdf>
20. VÁŇA, Jaroslav: *Mechanicko - biologická úprava odpadů*. Biom.cz [online]. 2003-04-10 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/mechanicko-biologicka-uprava-odpadu>
21. ZÁKLASNÍK, Vladan. *Mechanicko biologická úprava odpadů*. Brno: Hnutí Duha, 2004. 8 s.
22. PLÍVA, Petr. *Kompostování v pásových hromadách na volné ploše*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2009, 136 s. ISBN 978-80-86726-32-8.
23. ENIWEB.CZ. *Technologie zpracování*. [online]. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://enviweb.ihned.cz/clanek/94837/centralni-kompostarna-brno-a-s>
24. Ag Bag System: In-vessel composting. [online]. 2008. vyd. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: http://www.agbag.co.uk/in_vessel_composting.aspx

25. CRS - Marketing s.r.o.: *Budissa Bag - kompostování ve vaku*. [online]. 2014. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: <http://www.crs-marketing.cz/produkty/budisa-bag-kompostovani-ve-vaku>
26. PLÍVA, Petr. *Kompostování ve vaku – I*. [online]. 2011-06-03. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://komunalweb.cz/kompostovani-ve-vaku-i/>
27. PLÍVA, Petr. *Kompostování ve vaku – II*. [online]. 2011-06-08. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://komunalweb.cz/kompostovani-ve-vaku-ii/>
28. COMPONORDIC SYSTEM AB: *Handbook for composting with the Ag-Bag System*. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: http://www.componordicsystem.se/eng/metod/Handbook_for_composting_with_the_Ag_Bag_System_25_sept_2007.pdf
29. BAG POLSKA SP. Z O. O.: *Kompostowanie w reklamach foliowych*. [online]. [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.bagpolska.pl/kompostowanie-w-rekawach/>
30. SALAČ, Josef. *Kompostování ve vaku*. [online]. 2003-04-24. [cit. 2014-04-15]. Dostupné z: [http://odpady.ihned.cz/index.php?p=E00000_d&&article\[id\]=12677180](http://odpady.ihned.cz/index.php?p=E00000_d&&article[id]=12677180)
31. *Domácí kompostování*. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Dom%C3%A1c%C3%AD_kompostov%C3%A1n%C3%AD
32. KOMPOSTUJ. *Komunitní kompostování*. [online]. 2014-03-14. [cit. 2014-04-22]. Dostupné z: <http://www.kompostuj.cz/vime-jak/komunitni-kompostovani/kace/komunitni-kompostovani.html>
33. PLÍVA, Petr, JELÍNEK, Antonín, KOLLÁROVÁ, Mária: *Využití technických prostředků pro technologii zpracování bioodpadu kontrolovaným kompostováním na malých hromádách*. Biom.cz [online]. 2005-04-18 [cit. 2014-04-17]. Dostupné z: <http://biom.cz/index.shtml?x=231679>
34. PLÍVA, Petr. *Strojní vybavení kompostovací linky*. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 2008, 16 s. ISBN 978-80-86884-33-2.
35. PLÍVA, Petr a Mária KOLLÁROVÁ. *Technika pro kompostování zemědělských odpadů*. [online]. [cit. 2014-04-17]. Dostupné

z:<http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/clanky/zivotniprostredi/0511kompost.pdf?menuid=153>

36. PLÍVA, Petr a Mária KOLLÁROVÁ. *Kompostování na volné ploše*. [online]. [cit. 2014-04-19]. Dostupné z:
<http://svt.pi.gin.cz/vuztweb/doc/clanky/zivotniprostredi/VUZT14Kompost.pdf?menuid=150>
37. KOMPOSTUJ. *Legislativa*. [online]. 2012-11-13. [cit. 2014-04-21]. Dostupné z:
<http://www.kompostuj.cz/vime-jak/legislativa/>
38. *Sbírka zákonů Česká republika* [online]. Břeclav: Moraviapress[cit. 2014-04-21]. ISBN 1211-1244. Dostupné z: <<http://www.zakonyprolidi.cz/cs/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sběrná nádoba na bioodpad	4
Obrázek 2: Průběh teploty při kompostování, www.....	7
Obrázek 3: Princip kogenerační jednotky se spalovacím motorem.....	13
Obrázek 4: Průmyslový lihovar Trmice.....	14
Obrázek 5: Trojúhelníkový profil pásové hromady.....	18
Obrázek 6: Lichoběžníkový profil pásové hromady.....	18
Obrázek 7: Dočasná (polní) kompostárna	19
Obrázek 8: Stálá kompostárna na volné ploše	19
Obrázek 9: Kompostovací stroj pro plnění vaků	24
Obrázek 10: Kompostování ve vaku.....	25
Obrázek 11: Plastový kompostér pro domácí kompostování	26
Obrázek 12: Schéma kompostovací linky	29
Obrázek 13: Energetický prostředek – nakladač	30
Obrázek 14: Pomaloběžný drtič Arjes - Raptor XL	32
Obrázek 15: Štěpkovač Maxim 420.....	33
Obrázek 16: Překopávač kompostu připojitelný tažený	34
Obrázek 17: Překopávač kompostu samojízdný.....	35
Obrázek 18: Typy pracovních ústrojí překopávačů.....	36
Obrázek 19: Rotační síto válcové	37
Obrázek 20: Kompostárny na území ČR	39

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Produkce tuhých komunálních odpadů v ČR	11
Tabulka č. 2: Nároky žížal na podmínky prostředí.....	19
Tabulka č. 3 Princip biologického sušení	20

Seznam příloh

Příloha č. 1: Biologicky rozložitelných odpady podle přílohy č. 1 vyhlášky MŽP 381/2001 Sb.,

Příloha č. 2: Biologicky rozložitelný komunální odpad podle přílohy č. 1 vyhlášky MŽP 381/2001 Sb.

Přílohy

Příloha č. 1:

Biologicky rozložitelné odpady podle přílohy č. 1 vyhlášky MŽP 381/2001 Sb., katalogů odpadů, Katalog odpadů, www.portal.gov.cz

č. dle katalogu odpadů	druh odpadu
02 01	Odpady ze zemědělství, zahradnictví, lesnictví, myslivosti, rybářství
02 01 01	Kaly z praní a z čištění
02 01 02	Odpad živočišných tkání
02 01 03	Odpad rostlinných pletiv
02 01 06	Zvířecí trus, moč a hnůj (včetně znečištěné slámy), kapalné odpady, soustředované odděleně a zpracováváné mimo místo vzniku
02 01 07	Odpady z lesnictví
02 02	Odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
02 02 01	Kaly z praní a z čištění
02 02 02	Odpad živočišných tkání
02 02 03	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 02 04	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 03	Odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kaka, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy
02 03 01	Kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
02 03 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 03 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 04	Odpady z výroby cukru
02 04 01	Zemina z čištění a praní řepy
02 04 02	Uhličitán vápenatý nevyhovující jakosti
02 04 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 05	Odpady z mlékářského průmyslu
02 05 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 05 02	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku

02 06	Odpady z pekáren a výroby cukrovinek
02 06 01	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 06 03	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
02 07	Odpady z výroby alkoholických a nealkoholických nápojů (s výjimkou kávy, čaje a kaka)
02 07 01	Odpad z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
02 07 02	Odpad z destilace lihovin
02 07 04	Suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování
02 07 05	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
03 01	Odpady ze zpracování dřeva a výroby desek a nábytku
03 01 01	Odpadní kůra a korek
03 01 05	Piliny, hobliny, odřezky, dřevo, dřevotřískové desky a dýhy, neuvedené pod číslem 03 01 04
03 03	Odpad z výroby a zpracování celulózy, papíru a lepenky
03 03 01	Odpadní kůra a dřevo
03 03 02	Kaly zeleného louhu (ze zpracování černého louhu)
03 03 05	Kaly z odstraňování tiskařské černi při recyklaci papíru
03 03 07	Mechanicky oddělený výmět z rozvlákňování odpadního papíru a lepenky
03 03 08	Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci
03 03 09	Odpadní kaustifikační kal
03 03 10	Výmětová vlákna, kaly z mechanického oddělování obsahující vlákna, výplně a povrchové vrstvy z mechanického třídění
03 03 11	Kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod 03 03 10
04 01	Odpady z kožedělného a kožešnického průmyslu
04 01 01	Odpadní kůže a štípenka
04 01 06	Kaly obsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 01 07	Kaly neobsahující chrom, zejména kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku
04 02	Odpady z textilního průmyslu
04 02 10	Organické hmoty z přírodních produktů (např. tuk, vosk)
04 02 20	Ostatní kaly z čištění odpadních vod v místě jejich vzniku neuvedené pod číslem 04 02 19
04 02 21	Odpady z nezpracovaných textilních vláken
04 02 22	Odpady ze zpracovaných textilních vláken
10 01	Odpady z elektráren a jiných spalovacích zařízení

10 01 03	Popílek ze spalování rašeliny a neošetřeného dřeva
10 13	Odpady z výroby cementu, vápna a sádry a předmětů a výrobků z nich vyráběných
10 13 04	Odpady z kalcinace a hašení vápna
10 13 06	Úlet a prach (kromě odpadů uvedených pod čísly 10 13 12 a 10 13 13)
15 01	Obaly (včetně odděleně sbíraného komunálního obalového odpadu)
15 01 01	Papírové a lepenkové obaly
15 01 03	Dřevěné obaly
17 02	Dřevo, sklo, plasty
17 02 01	Dřevo
19 05	Odpady z aerobního zpracování pevných odpadů
19 05 03	Kompost nevyhovující jakosti
19 06	Odpady z anaerobního zpracování odpadu
19 06 04	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování komunálního odpadu
19 06 05	Extrakty z anaerobního zpracování odpadů živočišného a rostlinného původu
19 06 06	Produkty vyhnívání z anaerobního zpracování živočišného a rostlinného odpadu
19 08	Odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
19 08 05	Kaly z čištění komunálních odpadních vod
19 08 12	Kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 11
19 08 14	Kaly z jiných způsobů čištění průmyslových odpadních vod neuvedené pod číslem 19 08 13
19 09	Odpady z výroby vody pro spotřebu lidí nebo vody pro průmyslové účely
19 09 01	Pevné odpady z primárního čištění
19 09 02	Kaly z čiření vody
19 12	Odpady z úpravy odpadů jinde neuvedené (např. třídění, drcení, lisování, peletizace)
19 12 01	Papír a lepenka
19 12 07	Dřevo neuvedené pod číslem 19 12 06

Příloha č. 2:

Biologicky rozložitelný komunální odpad podle přílohy č. 1 vyhlášky MŽP 381/2001 Sb., katalogů odpadů, pod číslem 20, Katalog odpadů, www.portal.gov.cz

č. dle katalogu odpadů	druh odpadu
20 01	Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01
20 01 08	Biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
20 01 25	Jedlý olej a tuk
20 01 38	Dřevo neuvedené pod číslem 20 01 37
20 02	Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)
20 02 01	Biologicky rozložitelný odpad
20 03	Ostatní komunální odpady
20 03 02	Odpad z tržišť
20 03 03	Uliční smetky
20 03 04	Kal ze septiků a žump
20 03 06	Odpad z čištění kanalizace